Le Secrétariat de la littératie et de la numératie

Février 2009

Faire la différence... *De la recherche à la pratique*

Une série de monographies sur la mise en pratique de la recherche produite en collaboration par le Secrétariat de la littératie et de la numératie et l'Ontario Association of Deans of Education.

Monographie n° 17

Les enseignants peuvent-ils être moins prescriptifs dans leurs salles de classe et optimiser le degré de réussite de leurs élèves?

Ce qui ressort des recherches sur la science de la complexité

- **Des connaissances et des expériences diverses constituent des sources précieuses d'information pour les systèmes d'apprentissage.**
- **Il est possible d'éveiller un vif intérêt pour l'apprentissage (et d'établir des liens entre des notions autrement abstraites) lorsque les connaissances sont perçues comme étant partagées.**
- **Les interactions locales en petits groupes d'élèves (et la capacité de fonctionner de façon autonome[5,6]) contribuent à assurer une meilleure cohésion et compréhension au sein de la classe.**
- **Les principes de la science de la complexité inspirent les enseignants à imaginer et à se pencher sur des moyens de rendre leurs classes plus saines et d'en faire des organismes apprenants démocratiques.**

DARREN STANLEY, PH. D., **est professeur adjoint à l'Université de Windsor. Dans le domaine de la recherche, ses intérêts se portent sur les domaines des organismes apprenants sains, les dynamique des classes hétérogènes de mathématiques et des possibilités qu'elles offrent, où la diversité est intégrée et encouragée.**

Incidence de la science de la complexité sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques

par Darren Stanley, Ph. D.
Faculté d'éducation, Université de Windsor

Lorsqu'il s'agit de l'apprentissage des mathématiques au cours des premières années d'école, je crois avoir connu des expériences semblables à celles de mes étudiants. Les images, les interactions et le travail présentent un ensemble de caractéristiques généralement reconnaissables : peu ou pas de matériel de manipulation, des feuilles de travail contenant une liste interminable de questions, des concepts isolés, un enseignement linéaire des unités d'apprentissage, des périodes de travail individuel et ainsi de suite. Pour les étudiants de ma classe à l'université, j'ai choisi de leur présenter les mathématiques d'une manière tout à fait différente. Bien que la plupart de mes étudiants soient convaincus qu'une approche différente de celle qu'ils ont connue à l'école, je remarque que certains d'entre eux me jettent des regards confus – du moins, je pense que ce sont là des regards confus. Un fait demeure certain, l'enseignement des mathématiques leur semble beaucoup plus compliqué qu'ils ne l'auraient cru.

De nombreux candidats à l'enseignement sont aux prises avec les défis que pose la gestion de la classe et semblent préoccupés par nombre de ses aspects : les élèves, le curriculum, les évaluations, etc. Pour ce qui est de l'apprentissage, ils ont naturellement tendance à vouloir simplifier autant que possible ce que les élèves doivent apprendre. Comment les enseignants de mathématiques peuvent-ils créer et utiliser la complexité au lieu de simplement la gérer, pas seulement pour le bien de leurs élèves, mais pour leur propre bien également? Si la complexité est souvent perçue comme une difficulté, la présente monographie examine comment elle peut en fait constituer un atout pour orienter les pratiques pédagogiques[1].

Une nouvelle science

De l'avis de beaucoup, le monde est complexe. Dans le domaine émergent de la « science de la complexité », le terme *complexe* se réfère à quelque chose de spécifique, notamment en ce qui concerne l'apprentissage et les systèmes d'apprentissage. Les principes de cette science de la complexité semblent indiquer que les questions pédagogiques ont besoin d'être *complexifiées* et non pas *simplifiées*.

Le Secrétariat de la littératie et de la numératie a pour objectif de [illegible] monographies, les résultats de la recherche actuelle sur [illegible] et les conclusions exprimées dans ces monographies sont, [illegible] ne [illegible] pas nécessairement les politiques, les opinions et l'orientation [illegible] de l'Éducation de l'Ontario ou celles du Secrétariat de la littératie et de la numératie.

Un nouvel état d'esprit est requis...

Les classes ne sont ni mécaniques ni anarchiques, c'est-à-dire que l'apprentissage ne se *limite pas* à acquérir des connaissances, *ou* à rester assis là en attendant que les choses se passent. Les classes d'enfants – comme tous les systèmes complexes d'apprentissage qui sont sains – ressemblent, ou devraient ressembler, davantage à des bancs de poissons, à des volées d'oiseaux ou à des essaims d'abeilles. Il faut ainsi une tournure d'esprit, un langage et des images métaphoriques complètement différents pour comprendre la classe et sa dynamique en constant déploiement. Les images d'usines et de chaînes de fabrication – qui nous viennent de la Révolution industrielle – sont parfaitement inadéquates pour des situations où l'apprentissage se déploie à la manière d'une toile.

Si nous reprenons l'exemple de ma classe à l'université, nous remarquons les quelques points suivants. Notamment, si l'on considère les différents mécanismes mis en œuvre lorsque nous examinons une fraction, nous réalisons les diverses façons dont nous comprenons certaines idées et effectuons un rapprochement entre des concepts différents; certaines idées et perspectives sont partagées alors que d'autres ne le sont pas et plusieurs de celles-ci sont élaborées par l'intérêt, plus ou moins soutenu, que nous leur portons. Il m'est difficile, ou pour quiconque, de prescrire nos interactions. Nous découvrons que notre apprentissage, c'est-à-dire celui de l'ensemble de la classe, ne se réalise pas d'après une séquence linéaire et que la gestion de nos interactions et l'acquisition de notre apprentissage incluent de nombreux éléments de redondance et de diversité. Je rappelle à mes étudiants que nous reflétons certains principes de la science de la complexité qui sous-tendent un organisme d'apprentissage sain.

Principes de la science de la complexité

La science de la complexité souligne les qualités relationnelles d'organismes de tout type et de toute échelle – corps organisationnels complexes tels qu'assemblages neuronaux, corps biologiques, collectifs sociaux, ensembles de connaissances, structures de gouvernance et écologies locales[2]. La science de la complexité se préoccupe moins des parties apparemment isolables d'un système organisationnel que des relations qui engendrent l'ensemble organisationnel[3]. Dans les écoles, il faut se concentrer sur une échelle différente, celle de la classe plutôt que sur celle de l'élève individuel. De plus, c'est l'activité de la classe qui requiert notre attention.

Certes, une telle assertion peut sembler paradoxale. En effet, comment peut-on répondre aux besoins individuels des élèves si l'on se concentre sur la classe dans son ensemble? Cela va à l'encontre de la pensée qui a prévalu pendant des siècles et selon laquelle on a essayé de réduire les complexités de la vie à des éléments connaissables et contrôlables en s'intéressant aux parties les plus petites d'un système. Dans la classe, ces « parties » sont les élèves pris individuellement. Les enseignants ont souvent des inquiétudes face au contrôle de la dynamique de la classe et cherchent à rendre l'apprentissage aussi simple que possible[2]. La science de la complexité, pourtant, propose que les enseignants soient moins prescriptifs. Au lieu de penser l'enseignement comme traversant une ligne droite, il faut l'imaginer comme une cour de récréation entourée d'une frontière définissant des possibilités de jeu. Ainsi, les enseignants pourraient le penser en termes d'intérêt ou d'activités d'apprentissage, déterminés par des conditions particulières fixées par l'enseignante ou l'enseignant qui délimite le « terrain de jeu », faisant naître des possibilités, des connexions et des idées créatrices par le biais d'activités partagées en classe. Lorsque la classe est perçue et structurée de cette façon, ce sont les interactions entre les élèves et les idées qui font avancer l'apprentissage, ce que la science de la complexité définit comme étant le principe de « voisinage » ou d'interactions locales.

Les organismes complexes – notamment ceux qui sont sains – naissent de conditions particulières et de principes organisationnels[7]. Si un petit nombre d'interactions tendent à entraver la communication et l'échange d'idées, un grand nombre peut submerger la classe. Une classe très contrôlée risque de devenir trop rigide et figée, alors qu'un contexte décentralisé, où le pouvoir et l'autorité sont partagés, assurera que, collectivement, les élèves pourront apprendre ce qu'ils ont besoin d'apprendre. Cet aspect de la science de la complexité est le principe du contrôle décentralisé.

Un ensemble diversifié d'élèves et d'enseignants, d'activités et d'idées offre éventuellement des perspectives nouvelles ou créatrices, et des possibilités d'adaptation. Il s'agit là du principe de diversité. À l'inverse, trop d'idées différentes peuvent entraver la progression d'une classe. Ainsi, selon le principe de redondance, il faut maintenir un certain niveau de redondance, de répétition et de récursivité pour conduire un groupe d'élèves, voire la classe dans son ensemble, vers quelque chose où le collectif aura la capacité d'avancer – c'est-à-dire d'apprendre! Nos classes devraient être des lieux diversifiés, mais nous avons tous des expériences communes qui nous permettent d'être en relation les uns avec les autres.

Nous disposons maintenant de quelques principes de complexité avec lesquels travailler : interactions locales ou voisines, contrôle décentralisé, diversité et redondance.[8] Lorsque ces principes sont absents ou excessifs (p. ex., trop de

diversité ou pas assez de redondance), l'organisme apprenant risque de devenir malsain, incapable d'échanges, d'adaptation et d'évolution.

Un regard sur l'enseignement des mathématiques

La démarche de la science de la complexité ouvre de plus grandes possibilités pour l'enjouement, la créativité et une diversité de perspectives. Et ce qui en découle, ce sont des classes très actives et très engagées. Outre le fait de créer un organisme apprenant sain, cette démarche permet de briser la tendance persistante vers une appréhension et des expériences négatives des mathématiques.

Interactions locales ou voisines

Dans un cours de mathématiques, l'idée d'« interactions locales » se réfère moins à un travail en dyade ou en petits groupes[10] qu'à la notion que nos idées ont besoin de se « heurter » les unes aux autres pour en créer de nouvelles[4]. Dans certains cas, nous pouvons voir un mélange d'idées, nouvelles et anciennes, exprimées individuellement ou collectivement, ouvrant des espaces permettant d'élaborer ultérieurement des représentations et des structures mathématiques. Par exemple, lorsque les élèves font des exercices de pliage de papier pour comprendre différentes notions liées aux fractions, puis discutent entre eux de ce qu'ils ont découvert, ils peuvent en apprendre beaucoup sur la loi de commutativité, les fractions équivalentes et la réduction à leur plus simple expression. L'enseignement de ces notions de façon plus classique, à partir du manuel et orienté par l'enseignante ou l'enseignant, ne peut se faire qu'en les décomposant en idées isolées, dénuées de sens et en les présentant aux élèves de manière contrôlée et délibérée. Au lieu de compter sur un seul maillon du réseau de connexions pour disséminer l'information nécessaire, toute la toile d'idées est présentée pour approfondir la compréhension.

Contrôle décentralisé

Le contrôle décentralisé s'oppose à la notion de « contrôle centralisé » ou de « gestion pyramidale » selon laquelle l'enseignante ou l'enseignant contrôle (apparemment) tout. Ce type de contrôle reflète l'idée que les actions d'un groupe et les orientations qu'il prend sont partagées et distribuées. Élèves et enseignants ont besoin de négocier les conditions nécessaires pour que l'apprentissage se réalise[10]. Comme dans l'exemple du pliage du papier, lorsque les élèves travaillent ensemble, l'orientation que prend leur étude est déterminée par les idées qui surgissent localement et ne viennent pas « d'en haut ». Ainsi, une intervention qui semble mineure de la part d'une ou d'un élève peut soudainement changer toute l'attention de la classe. Dans une classe, le leadership et l'orientation sont répartis et, dans bien des cas, ne sont pas simplement détenus par la personne la plus grande, celle qui parle le plus fort, la plus intelligente ou la plus populaire.

Diversité

La diversité se réfère à une gamme de possibilités présentes lorsqu'on génère, identifie et évalue les nouvelles idées et les actions possibles. Ceci permet aux groupes de travail d'apprendre quelque chose de nouveau. Lorsque tous les élèves doivent donner la même solution selon la même méthode et en même temps, il est difficile que se présentent des idées nouvelles et utiles. Par ailleurs, une trop grande diversité permet moins à un groupe de « rester soudé ». Donc, lorsque les élèves étudient la notion de « moitié » en pliant leur morceau de papier (« plis de hot dog », « plis de hamburger », plis diagonaux), diverses représentations surgissent, suscitant des questions sur les idées qu'ont les élèves de l'élément « moitié » d'une chose. Pourquoi et comment peut-on plier un morceau de papier d'une certaine façon et obtenir la même « moitié » en le pliant d'une autre façon? Le concept de fractions équivalentes nous permet d'établir facilement ces diverses connexions.

Redondance

Il est, bien entendu, difficile de trouver une trentaine d'exemples de papier plié en deux. On trouve plutôt que la classe, par le biais de la connaissance partagée, offre quelque redondance – élément complémentaire de la diversité. Par exemple, certains de mes étudiants remarquent que plusieurs d'entre eux ont fait des « plis de hamburger » alors que d'autres ont fait des « plis de hot-dog ». En toute hypothèse, certains élèves créeront une moitié par des « plis de hamburger » alors que d'autres créeront des « plis de hot-dog ». En d'autres mots, et aussi paradoxal que cela

Conséquences pour la pratique

La création de conditions propices à l'apprentissage

Ce dont nous avons besoin n'est pas une disposition bien rangée de notions isolées et isolables, mais de développer l'intérêt des élèves envers les mathématique en créant un milieu où ils peuvent interagir, échanger des idées et faire des connexions avec des idées et des notions qui semblent déconnectées. Procéder autrement supposerait de prescrire les activités et les résultats de l'enseignement plutôt que de créer des possibilités de jeu. C'est la différence entre susciter l'apprentissage et créer des conditions pour qu'il se réalise. Ce n'est pas ce que font les enseignants qui détermine véritablement ce que les élèves apprennent; en fait, ce que ceux-ci apprennent dépend de notre présence et de notre participation collectives en salle de classe[9].

Pour en savoir davantage sur les ressources du SLN...

Consultez le *Guide de ressources imprimées et multimédias* du Secrétariat de la littératie et de la numératie à :
http://www.edu.gov.on.ca/fre/literacynumeracy/RessourcesImprimeesMultimedias.pdf

Téléphone :
416 325-2929
1 800 387-5514

Courriel :
LNS@ontario.ca

puisse paraître, en mathématiques, les classes ont besoin d'avoir suffisamment de connaissances partagées pour acquérir ensemble de nouvelles compréhensions[11]. En conséquence, si des élèves ou une enseignante ou un enseignant ne contribuent pas à la compréhension mathématique de la classe, d'autres dans la classe peuvent encore y contribuer de façon productive.

Certains élèves font différents plis pour montrer qu'ils ont compris la notion de « moitié ». Fait à noter que plusieurs d'entre eux sont en mesure d'établir d'importantes connexions entre des notions mathématiques autrement abstraites. Par exemple, certains seront également capables de montrer qu'une opération telle que $\frac{2}{3} \times \frac{3}{4}$ peut donner différentes représentations, notamment $\frac{6}{12}$, $\frac{2}{4}$ et $\frac{1}{2}$. De plus, ils réalisent que l'ordre des opérations (seulement sous la forme de pliage de papier) ne compte pas. Les processus utilisés pour produire ces résultats et ces représentations varieront, et pourtant nous trouverons une certaine redondance dans la classe elle-même. Le contrôle décentralisé et les interactions locales aident ici à faciliter les processus de découverte.

Pour résumer

Pour en savoir davantage sur l'éducation et la science de la complexité...

(Site en anglais seulement)
http://www.complexityandeducation.ualberta.ca/

Ce modèle d'apprentissage des mathématiques risque d'être fort différent de ce que les enseignants ont connu dans le passé dans des classes moins interactives, où il y avait moins d'activités et de conversations. Les enseignants étaient généralement en situation de contrôle, dirigeant tous les aspects de ce qui devait être appris; ce qui laissait peu de place à l'expression de différents points de vue, de différentes démarches et de nouvelles idées et un degré élevé de redondance présuppose que tout le monde apprend exactement la même chose, exactement au même moment.

Il serait préférable d'abandonner l'idée de contrôler complètement les choses dans nos classes et de tirer parti de la diversité et du principe de redondance de la science de complexité. Ceci ne veut nullement dire que l'enseignante ou l'enseignant doive renoncer à sa responsabilité de planifier et de faciliter l'apprentissage. Il est au contraire d'autant plus important qu'elle ou il sache comment améliorer le potentiel d'apprentissage de la classe en tant que collectif apprenant sain. Ce potentiel est beaucoup plus riche que l'intelligence individuelle de chaque élève. Autrement dit, il incombe à l'enseignante ou à l'enseignant d'assurer les conditions nécessaires, selon les principes de la science de complexité, qui permettront à tous les élèves de la classe (en tant qu'organisme en constante évolution) d'apprendre les mathématiques de la manière la plus efficace qui soit.

Bibliographie

1. AXELROD, R. M., et M. D. COHEN. *Harnessing complexity: Organizational implications of a scientific frontier*. New York: Free Press, 1999.
2. DAVIS, B., D. J. SUMARA et R. LUCE-KAPLER. *Engaging minds: Learning and teaching in a complex world*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2000.
3. BAR-YAM, Y. *Dynamics of complex systems*. Reading, MA: Perseus Books, 1997.
4. DAVIS, B. et E. SIMMT. *Understanding learning systems: Mathematics education and complexity science*. Journal for Research in Mathematics Education, vol. 34, 2003, p. 137-167.
5. WEAVER, W. *Science and complexity*. American Scientist, vol. 32, 1948, p. 536-544.
6. KAUFFMAN, S. A. *At home in the universe: The search for laws of self-organization and complexity*. New York: Oxford University Press, 1995.
7. STANLEY, R. D. *Toward a view of healthy learning organizations through complexity*. Unpublished doctoral dissertation. University of Alberta, 2005.
8. JOHNSON, S. *Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software*. New York: Scribner, 2001.
9. TOWERS, J., et B. DAVIS. *Structuring occasions*. Educational Studies in Mathematics, vol. 49, 2002, p. 313-340.
10. KUBOTA-ZARIVNIJ, K. *President's message*. Ontario Mathematics Gazette, vol. 44, nº 2, 2005, p. 1.
11. DAVIS, B., et E. SIMMT. *Mathematics-for-teaching: An ongoing investigation of the mathematics that teachers (need to) know*. Educational Studies in Mathematics, vol. 61, 2005, p. 293-319.

Faire la différence... De la recherche à la pratique est mise à jour tous les mois et publiée sur le site Web
www.edu.gov.on.ca/fre/literacynumeracy/inspire/research/whatWorks.html
ISSN 1913-1119 Faire la différence... De la recherche à la pratique (imprimé)
ISSN 1913-1127 Faire la différence... De la recherche à la pratique (en ligne)